

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Abtastkopf für ein optisches Positionsmesssystem beschrieben, mit einem aus photoempfindlichen Bereichen (3) gebildeten Empfangsgitter (1.7) zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage. Das Empfangsgitter (1.7) ist aus einem Halbleiterschichtstapel (1.2), bestehend aus einer dotierten p-Schicht (1.2.1), einer intrinsischen i-Schicht (1.2.2) und einer dotierten n-Schicht (1.2.3) gebildet. Die einzelnen photoempfindlichen Bereiche (3) haben eine erste dotierte Schicht (1.2.1) und zumindest einen Teil der intrinsischen Schicht (1.2.2) gemeinsam und sind durch Unterbrechungen der zweiten dotierten Schicht (1.2.3) elektrisch voneinander getrennt.

Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme

=====

Die Erfindung betrifft einen Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme. Solche Abtastköpfe dienen dazu, von einem Maßstabsgitter modulierte Licht orts aufgelöst zu detektieren und entsprechende Signale zwecks Bestimmung der Lage des Abtastkopfes relativ zum Maßstab bereit zu stellen.

- 5 Positionsmeßsysteme spielen in der zunehmend automatisierten Welt eine immer wichtigere Rolle. Sie liefern die Grundlage für exaktes Positionieren von Antrieben in vielen Anwendungen, z.B. im Bereich der Werkzeugmaschinen. Die hier beschriebenen optischen Positionsmeßsysteme beruhen auf der Abtastung eines Maßstabes, der eine Maßverkörperung in Form
10 eines Strichgitters aufweist. Der hierzu verwendete Abtastkopf enthält eine Lichtquelle, von der aus Licht über ein Sendegitter auf die Maßstabsteilung fällt. Dieses Licht weist nach der Wechselwirkung mit dem Sendegitter und dem Maßstabsgitter ein räumliches Intensitätsmuster auf, das im Abtastkopf mittels eines Empfangsgitters detektiert und zur Positionsbestimmung verwendet werden kann.
15

- Hierzu ist es bereits bekannt, einen Photodetektor aus mehreren photoempfindlichen Bereichen zu bilden. Diese photoempfindlichen Bereiche werden im Abtastkopf so angeordnet, daß sie unterschiedliche Phasen des Intensitätsmusters erfassen und entsprechende elektrische Ausgangssignale
20 liefern können. Die einzelnen, regelmäßig angeordneten photoempfindlichen Bereiche bilden dabei ein Empfangsgitter.

- Vorzugsweise werden vier um jeweils 90 Grad gegeneinander versetzte Signale erzeugt, aus denen sich in einer Folgeelektronik richtungsbehaftete Zählsignale ableiten lassen. Bei einer Verschiebung des Maßstabes relativ
25 zum Abtastkopf ändern sich nämlich die einzelnen phasenverschobenen Signale positionsabhängig.

Üblicherweise werden aus den erwähnten vier Ausgangssignalen zunächst zwei um 90 Grad gegeneinander verschobene, von Offset-, Amplituden- und

- 2 -

Phasenfehlern befreite Signale synthetisiert, die sich für eine feinere Unterteilung bzw. Interpolation eignen. Die richtungsbehafteten Zählsignale können damit eine wesentlich feinere Positionsfeststellung erlauben als es z.B. durch das Zählen der Maxima und / oder Minima des Intensitätsmusters an
5 den photoempfindlichen Bereichen des Abtastkopfes möglich wäre.

Aus weiter unten geschilderten Gründen ist es vorteilhaft, wenn die einzelnen photoempfindlichen Bereiche möglichst nahe beieinander liegen. Der Einsatz von diskreten Bauteilen wie Photodioden begrenzt hier die mögliche Miniaturisierung der Photodetektoren. Es wurden daher bereits strukturierte
10 Photodetektoren realisiert, die mit herkömmlichen Prozeßschritten aus der Mikroelektronik die Herstellung strukturierter, photoempfindlicher Bereiche auf einem einzigen Halbleitersubstrat erlauben.

Wegen der geringen Neigung zum Übersprechen zwischen den einzelnen photoempfindlichen Bereichen bietet sich dabei vor allem das technologisch
15 gut beherrschbare amorphe Silizium (a-Si) an, dessen Einsatz zur Wandlung von Licht in elektrischen Strom z.B. aus dem Bereich der Solarzellen bekannt ist.

Die DE 10129334 A1 beschreibt ein optisches Positionsmeßsystem mit einer Lichtempfangsanordnung basierend auf dem oben beschriebenen Prinzip.
20 Die photoempfindlichen Bereiche zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage sind als Empfangsgitter in Form mehrerer Halbleiterschichtstapel aus dotiertem und undotiertem amorphen Silizium aufgebaut. Der Aufbau des strukturierten Detektors ist jedoch sehr komplex, so daß auch das Verfahren zu seiner Herstellung aufwändig ist.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, einen gegenüber dem Stand der Technik vereinfachten Abtastkopf für ein optisches Positionsmeßgerät zu schaffen, der möglichst gute Signale zur Positionsbestimmung liefert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Merkmalen, die in den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen aufgeführt sind.
30

- 3 -

Es wird ein Abtastkopf für ein optisches Positionsmesssystem beschrieben, mit einem aus photoempfindlichen Bereichen gebildeten Empfangsgitter zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage. Das Empfangsgitter ist aus einem Halbleiterschichtstapel, bestehend aus einer dotierten p-Schicht, einer intrinsischen i-Schicht und einer dotierten n-Schicht gebildet. Die einzelnen photoempfindlichen Bereiche haben eine erste dotierte Schicht und zumindest einen Teil intrinsischen Schicht gemeinsam und sind durch Unterbrechungen der zweiten dotierten Schicht elektrisch voneinander getrennt.

Es wurde nämlich einerseits erkannt, daß bereits die Trennung lediglich einer der dotierten Schichten zu einer ausreichenden elektrischen Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche führt. Ein für die Zwecke der Positionsbestimmung nachteiliges Übersprechen zwischen Bereichen unterschiedlicher Phasenlage tritt schon bei sehr geringen Abständen der einzelnen Bereiche zueinander nicht mehr auf.

Andererseits vermeidet ein solcher Schichtaufbau auch ein anderes, im Stand der Technik beschriebenes Problem. Trennt man nämlich die photoempfindlichen Bereiche auch durch Auftrennen der intrinsischen Schicht (und evtl. auch der zweiten dotierten Schicht), so bilden sich tiefe Gräben, die sich Ätztechnisch nur schwer beherrschen lassen. Ätzdefekte im Bereich der intrinsischen Schicht können außerdem für Störstellen im Halbleitermaterial sorgen, wodurch die photoelektrischen Eigenschaften der einzelnen photoempfindlichen Bereiche sehr negativ beeinflusst werden.

Als Halbleitermaterial eignet sich besonders gut amorphes Silizium, es sind aber auch Halbleiterschichtstapel denkbar, die ganz oder teilweise mikrokristallines Silizium enthalten.

Weitere Merkmale wie die Anordnung des Sendegitters im Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters, eine annähernd elliptische oder ovale Form des Empfangsgitters, das senkrecht zur Meßrichtung eine größere Ausdehnung hat als parallel dazu, sowie die Gewinnung von phasenverschobenen Signalen aus jeweils einer einzigen Periode des modulierten Lichtes am Emp-

- 4 -

fangsgitter führen zu einer Optimierung der gewonnenen Abtastsignale und damit zu einer verbesserten Interpolationsfähigkeit und so letztlich zu einer höheren Auflösung des optischen Positionsmeßsystems.

Der Aufbau des Abtastkopfes, und insbesondere des Empfangsgitters mit
5 seinen photoempfindlichen Bereichen, erlaubt auf sehr elegante Weise solche Optimierungen im Layout des strukturierten Detektors.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen anhand der Figuren. Dabei zeigen die

- 10 Figuren 1a/b/c ein optisches Positionsmeßgerät,
 Figuren 2a/b/c/d/e Ausgestaltungen eines Zweifeldsensors, und
 Figuren 3a/b/c/d Ausgestaltungen eines Einfeldsensors.

Figur 1a zeigt einen Maßstab 2, der auf einem Substrat 2.1 ein optisches Gitter trägt, das hier auch als Maßstabsteilung 2.2 bezeichnet werden soll.
15 Eine solche Maßstabsteilung 2.2 kann beispielsweise als Amplitudengitter mit lichtundurchlässigen Stegen aus Chrom und lichtdurchlässigen Lücken in der Chrombeschichtung bestehen. Dabei kann das Substrat 2.1 lichtdurchlässig, oder wie im dargestellten Fall, reflektierend ausgebildet sein. Andere Maßstäbe 2 können auch ein Phasengitter oder eine Kombination
20 aus Phasen- und Amplitudengittern aufweisen.

Dem Maßstab gegenüber angeordnet ist ein Abtastkopf 1. Der Abtastkopf 1 enthält eine Lichtquelle 1.6, deren Licht über ein Sendegitter 1.5 auf den Maßstab 2 fällt, dort reflektiert und zum Abtastkopf 1 zurückgelenkt wird. Nach der Wechselwirkung mit dem Sendegitter 1.5 und der Maßstabsteilung
25 2.2 weist das Licht ein örtliches Intensitätsmuster mit regelmäßiger Periode auf. Dieses Intensitätsmuster wird mittels eines Empfangsgitters 1.7 mit einer Teilungsperiode T detektiert. Dabei dient das Empfangsgitter 1.7 selbst als strukturierter Photodetektor zur Detektion des Intensitätsmusters.

Das Empfangsgitter 1.7 weist nämlich einen strukturierten Halbleiterschichtstapel 1.2 auf, der einfallendes Licht in elektrischen Strom umwandelt. Dabei wird um so mehr Strom erzeugt, desto mehr Licht auf den Halbleiterschichtstapel 1.2 fällt.

- 5 Figur 1b zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Figur 1a. Man erkennt das Substrat 1.1, auf dem eine durchsichtige Elektrode 1.3 angeordnet ist, die wiederum den Halbleiterschichtstapel 1.2 trägt. Dieser weist - in der Reihenfolge des Lichtdurchganges - eine erste dotierte (hier p-dotierte), Schicht 1.2.1 (p-Schicht), dann eine intrinsische Schicht 1.2.2 (i-Schicht), und
10 schließlich eine zweite dotierte (hier n-dotierte) Schicht 1.2.3 (n-Schicht) auf. Der n-Schicht 1.2.3 folgt ein elektrischer Rückseitenkontakt 1.4. Prinzipiell ließen sich die p-Schicht 1.2.1 und die n-Schicht vertauschen, bevorzugt ist jedoch der in der Figur 1b gezeigte Aufbau.

- Die das Empfangsgitter 1.7 bildenden photoempfindlichen Bereiche sind
15 voneinander dadurch getrennt, daß die n-Schicht 1.2.3 zusammen mit den Rückseitenkontakten 1.4 dort unterbrochen sind, wo eine Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche zur Detektion des Intensitätsmusters vorgesehen ist. Nur im Bereich der Rückseitenkontakte 1.4 wird im Halbleiterschichtstapel 1.2 bei Beleuchtung Strom erzeugt, die Rückseitenkontaktierung 1.4 definiert daher das Empfangsgitter 1.7.
20

- Wie in der Figur 1b zu erkennen ist, kann die Strukturierung der Rückseitenkontaktierung 1.4 und der n-Schicht 1.2.3 in einem einzigen Lithographieschritt und je einem Ätzschritt für die Rückseitenkontakte 1.4 und den Halbleiterschichtstapel 1.2 erfolgen. Als Ätzverfahren für den Halbleiterschichtstapel 1.2 kommen dabei Naßätzverfahren (z.B. KOH-Lösung), bevorzugt
25 aber Trockenätzverfahren (z.B. RIE mit CHF_3 -Gas) in Frage. Solche Verfahren sind in der Mikroelektronik weit verbreitet und stehen daher problemlos zur Verfügung.

- Figur 1c, eine weitere Ausschnittsvergrößerung der Figur 1b, zeigt ein Detail
30 des Halbleiterschichtstapels 1.2. Um sicher zu gehen, daß die n-Schicht 1.2.3 vollständig unterbrochen wird (dies ist eine absolut notwendige Anforderung),

- 6 -

derung, um die einzelnen photoempfindlichen Bereich zu trennen), ist es notwendig, den Ätzprozeß so einzustellen, daß zumindest ein kleiner Teil der i-Schicht 1.2.2 ebenfalls entfernt wird. Andererseits muß zumindest ein kleiner Teil der i-Schicht 1.2.2 stehen bleiben, um sicher eine elektrische
5 Verbindung zwischen der p-Schicht 1.2.1 und der n-Schicht 1.2.3 zu verhindern.

Der Schichtaufbau im Bereich des Empfangsgitters 1.7 könnte also z.B. wie folgt aussehen: Auf einem Glassubstrat 1.1 von ca. einem Millimeter Dicke ist eine 0.3 - 1 µm dicke Schicht von ZnO:Al aufgetragen, die sich gut als
10 durchsichtige Elektrode 1.3 eignet. Es folgt der Halbleiterschichtstapel 1.2 mit einer p-Schicht 1.2.1 von ca. 10 nm, einer i-Schicht 1.2.2 von ca. 400nm und einer n-Schicht 1.2.3 von ca. 20 nm Dicke. Die Rückseitenkontakte 1.4 bestehen aus einer ca. 80nm dicken metallischen Schicht, beispielsweise aus Chrom oder Aluminium. Diese metallische Schicht ist gemeinsam mit
15 der n-Schicht 1.2.3 an geeigneten Stellen zur Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche vollständig entfernt.

Durch den zur Trennung der photoempfindlichen Bereiche angewandten Ätzprozeß wird auch die i-Schicht 1.2.2 um ca. 40 nm abgetragen, um eine möglichst sichere Trennung der n-Schichten 1.2.3 zu erzielen. Dies ist notwendig, da die einzelnen Schichten nicht völlig homogen bezüglich ihrer
20 Dicke sind, und es außerdem keinen scharf begrenzten Übergang im Dotierprofil des Halbleiterstapels 1.2 gibt, insbesondere zwischen der i-Schicht 1.2.2 und der n-Schicht 1.2.3. Es ist in diesem Zusammenhang zu erwarten, daß zwischen den photoempfindlichen Bereichen 3 eine Restdicke von 5% -
25 95%, besser 10%-90% der ursprünglichen Dicke der i-Schicht 1.2.2 zu guten Ergebnissen führt. Da kürzere Ätzzeiten aus fertigungstechnischer Sicht zu bevorzugen sind, und bei größerer Restdicke der i-Schicht 1.2.2 Probleme mit Defekten am freigelegten Rand der i-Schicht 1.2.2 vermieden werden, sind von den angegebenen Bereichen jeweils eher die Obergrenzen (also ca.
30 95% bzw. ca. 90%) zu bevorzugen. Für die genannte Schichtdicke von 400nm innerhalb der photoempfindlichen Bereiche 3 wird also eine Restdicke von ca. 360nm für die i-Schicht 1.2.2 als optimal angesehen.

Es soll nun betrachtet werden, in welchem Abstand die einzelnen photoempfindlichen Bereiche angeordnet werden können, um die gewünschten phasenverschobenen Signale zu erhalten. Dieser Abstand entspricht der Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7. Die Periode des Intensitätsmusters des auf das Empfangsgitter 1.7 eingestrahlten Lichtes sei P . In Ab-
5 tastköpfen 1 mit als Empfangsgitter 1.7 ausgebildeten photoempfindlichen Bereichen muß wegen der Gefahr des Übersprechens zwischen den photoempfindlichen Bereichen die Teilungsperiode T größer als die Periode P gewählt werden. Werden vier um 90 Grad phasenverschobene Signale ge-
10 wünscht, so muß hier gelten

$$T = (2 * n - 1) * 1/4 * P \quad (n \text{ ist eine ganze Zahl größer oder gleich drei}).$$

Für eine Periode $P = 40\mu\text{m}$ des Intensitätsmusters des eingestrahlten Lichtes ergibt sich so eine Teilungsperiode T von mindestens $50\mu\text{m}$. Die einzelnen phasenverschobenen Signale werden daher aus vier unterschiedlichen
15 Perioden des Intensitätsmusters gewonnen - und damit auch aus unterschiedlichen Bereichen der Maßstabteilung 2.2. Diese Art von strukturiertem Detektor sei daher als Vierfeldsensor bezeichnet. Dieser hat den Nachteil, daß sich Verschmutzungen auf dem Maßstab auf phasenverschobene Signale nicht gleichzeitig, sondern in der Phase versetzt auswirken. Dies hat
20 Ungenauigkeiten bei der Auswertung der phasenverschobenen Signale zur Folge.

Es ist daher besser, phasenverschobene Signale innerhalb einer Periode P des Intensitätsmusters am Empfangsgitter 1.7 abzutasten. Eine Möglichkeit hierzu stellt der Zweifeldsensor dar, der in den Figuren 2a - 2e dargestellt ist.

25 In Figur 2a sind schematisch die photoempfindlichen Bereiche 3 zu erkennen, deren Aufbau anhand der Figuren 1a - 1c bereits ausführlich dargestellt wurde. Diese photoempfindlichen Bereiche sind auf dem Substrat 1.1 angeordnet. Das Intensitätsmuster L mit der Periode P ist schematisch dargestellt, ebenso die Meßrichtung M . Man erkennt, daß nun innerhalb einer Pe-
30 riode P sowohl ein 0-Grad Signal als auch ein 180-Grad Signal abgegriffen werden. Benachbarte photoempfindliche Bereiche liefern 180 Grad phasen-

verschobene Signale, wenn die Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 der Hälfte der Periode P des einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters L entspricht.

Es gilt

5 $T = 1/2 * P.$

Verschmutzungen auf dem Maßstab 2 werden sich somit auf beide phasenverschobenen Signale auswirken.

Figur 2b zeigt, wie die photoempfindlichen Bereiche 3 durch Leiterbahnen 4 miteinander verbunden werden können, um mehrere 0-Grad Signale und
10 mehrere 180-Grad Signale zu einem stärkeren Ausgangssignal zu vereinen. Dabei entsteht jeweils eine Kammstruktur. Diese Kammstrukturen greifen ineinander ein, so daß sich jeweils photoempfindliche Bereiche 3 für 0-Grad Signale und photoempfindliche Bereiche 3 für 180-Grad Signale abwechseln. Wie man in Figur 2b erkennen kann, läßt sich eine solche Struktur
15 ohne überkreuzte Leiterbahnen 4 herstellen.

Figur 2c zeigt, wie mittels vier Kammstrukturen, von denen jeweils zwei entsprechend Figur 2b verzahnt sind, vier um jeweils 90-Grad phasenverschobene Signale gewinnen lassen. Da jedoch zwei unterschiedliche Bereiche des Intensitätsmusters am Empfangsgitter 1.7 abgetastet werden, soll hier
20 von einem Zweifeldsensor gesprochen werden.

Figur 2d zeigt eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines solchen Abtastkopfes 1 mit Zweifeldsensor. Im Zentrum des Zweifeldsensors ist das Sendegitter 1.5 angeordnet. Unter "Zentrum" sei der Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters 1.7 zu verstehen. Das quadratische Sendegitter 1.5 ist
25 dabei vollständig vom Empfangsgitter 1.7 umgeben, um das Intensitätsmuster L möglichst gut auszunützen. Die Gitterstriche von Sendegitter 1.5 und Empfangsgitter 1.7 stehen senkrecht auf der Meßrichtung M. Das Empfangsgitter 1.4 ist in vier Bereiche aufgeteilt. Von den beiden inneren Bereichen, die unmittelbar an das Sendegitter 1.5 grenzen, dient einer der
30 Gewinnung von 0-Grad / 180-Grad Signalen, das andere der beiden der

Gewinnung von 90-Grad / 270-Grad Signalen. An den inneren 0-Grad / 180-Grad Bereich grenzt vom Sendegitter 1.5 abgewandt ein weiterer 90-Grad / 270-Grad Bereich. An den inneren 90-Grad / 270-Grad Bereich grenzt vom Sendegitter 1.5 abgewandt ein weiterer 0-Grad / 180-Grad Bereich. Diese
5 zur Meßrichtung antisymmetrische Anordnung stellt sicher, daß die vier phasenverschobenen Signale mit vergleichbarer Intensität aufgenommen werden.

Die äußere Form des gesamten Empfangsgitters 1.7, das sich aus den erwähnten vier Bereichen zusammensetzt, ist als Rechteck mit abgeschrägten
10 Ecken einem Oval bzw. einer Ellipse angenähert, deren größerer Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung M liegt. Eine solche Form erlaubt eine besonders gute Ausnutzung des Intensitätsmusters L am Empfangsgitter 1.7.

Die vier unterschiedlichen Bereiche des Empfangsgitters 1.7 nach Figur 2d
15 sind durch verzahnte Kammstrukturen gemäß Figur 2c aufgebaut. Eine Ausschnittsvergrößerung der Figur 2d in Figur 2e macht dies deutlich. Auch dieser Zweifeldsensor, der sich in der Praxis als sehr tauglich erwiesen hat, läßt sich daher ohne überkreuzte Leiterbahnen herstellen, was den Herstellungsprozeß einfach hält: Es ist lediglich eine einzige Metallisierungsebene
20 nötig. Mit deren Strukturierung werden gleichzeitig die photoempfindlichen Bereiche 3 definiert.

Der beschriebene Zweifeldsensor hat den Vorteil, daß die Amplituden der 0-Grad / 180-Grad Signale, bzw. die Amplituden der 90-Grad / 270-Grad Signale von etwaigen Verschmutzungen gleichzeitig und damit phasenrichtig
25 betroffen sind. Der Tastverhältnisfehler wird dadurch reduziert und die Genauigkeit der Positionsbestimmung gegenüber einem Vierfeldsensor erhöht. Es gilt jedoch nicht, daß alle Amplituden der vier phasenverschobenen Signale phasenrichtig von Verschmutzungen beeinträchtigt werden, so daß die Abtastung weiter verbessert werden kann.

30 Weiter optimierte Signale erhält man von einem hier als Einfeldsensor bezeichneten Abtastkopf 1. In Figur 3a ist dargestellt, daß in einem solchen

- 10 -

Einfeldsensor jeweils vier phasenverschobene Signale aus einer einzigen Periode P des Intensitätsmusters L gewonnen werden. Benachbarte photoempfindliche Bereiche liefern 90 Grad phasenverschobene Signale, wenn die Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 einem Viertel der Periode P des einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters L entspricht. Es gilt

$$T = 1/4 * P.$$

Aus der Ansicht in Figur 3b kann man erkennen, daß ein solcher Einfeldsensor nicht mehr ohne gekreuzte Leiterbahnen auskommt. Die photoempfindlichen Bereiche 3 tragen ja auf ihrer Rückseite einen Rückseitenkontakt 1.4, der nur an bestimmten Stellen an die Leiterbahnen 4 mittels Kontaktierungen 5 angeschlossen werden darf. Zwischen den photoempfindlichen Bereichen 3 und den Leiterbahnen 4 muß also eine Isolationsschicht eingebracht werden, die nur bei den Kontaktierungen 5 unterbrochen ist. Die Kontaktierung 5 wird dann einfach dadurch gebildet, daß bei der Abscheidung der die Leiterbahnen 4 bildenden Metallschicht die Leiterbahnen 4 direkt in Kontakt mit den Rückseitenkontakten 1.4 kommen.

Es hat sich gezeigt, daß für einen Halbleiterschichtstapel 1.2 mit dem hier beschriebenen Aufbau ein Abstand A von 5µm sicher ausreicht, um ein Übersprechen zwischen den einzelnen photoempfindlichen Bereichen 3 zu vermeiden. Je nach Detektorgeometrie und Halbleitermaterial können aber auch noch kleinere Abstände A im µm-Bereich zu funktionsfähigen Abtastköpfen 1 führen. Der minimale Abstand A ist im Wesentlichen bestimmt durch die Diffusionslänge der Ladungsträger in der i-Schicht 1.2.2. Je geringer diese Diffusionslänge ist, desto kleiner kann der Abstand A sein. Nimmt man für intrinsisches amorphes Silizium eine Diffusionslänge von 50nm an, so sollte mit einem Abstand A von ca. 200nm kein Übersprechen mehr auftreten. Da aber aus prozeßtechnischen Gründen (zunehmender Aufwand und steigende Defektempfindlichkeit für kleinere Strukturen) größere Abstände A zu bevorzugen sind, kann man als sinnvolle Untergrenze für den Abstand A ca. 1µm angeben.

Für eine Periode $P = 40\mu\text{m}$ des intensitätsmodulierten Lichtes ergibt sich für den Vierfeldsensor eine Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 von $10\mu\text{m}$. Bei einem Abstand $A = 5\mu\text{m}$ sind also die photoempfindlichen Bereiche 3 selbst nur noch $5\mu\text{m}$ breit.

- 5 Figur 3c zeigt eine konkrete Ausführungsform eines solchen Einfeldsensors. Wieder ist im Zentrum bzw. Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters 1.7 ein Sendegitter 1.5 angeordnet. Das Empfangsgitter 1.7, dessen Strichrichtung wie die des Sendegitters 1.5 wieder senkrecht zur Meßrichtung M verläuft, hat eine einer Ellipse angenäherte äußere Form, deren größerer
- 10 Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung M liegt. Nach Art der Figur 3b ist das Empfangsgitter 1.7 mit quer über dem Empfangsgitter 1.7 liegenden Leiterbahnen 4 angeschlossen. Je vier solcher Leiterbahnen 4 sind beiderseits des Sendegitters 1.5 angeordnet, um so auch die durch das Sendegitter 1.5 unterbrochenen photoempfindlichen Bereiche 3 vollständig kontaktieren zu können.
- 15

- Eine alternative, und besonders für kleine Teilungsperioden T des Empfangsgitters 1.7 des Einfeldsensors zu empfehlende Variante der Kontaktierung der photoempfindlichen Bereiche 3 zeigt Figur 3d. Am Rand des Empfangsgitters 1.7 sind die Gitterlinien mit Verdickungen versehen. Da jede
- 20 zweite Gitterlinie verlängert ist, lassen sich diese Verdickungen etwa doppelt so breit ausführen wie die Gitterlinien selbst. Dies erleichtert das Kontaktieren der photoempfindlichen Bereiche 3 mit den Leiterbahnen 4 über Kontaktierungen 5 erheblich. Wieder ist zu erkennen, daß sich ein solcher Einfeldsensor nicht ohne überkreuzte Leiterbahnen 4 herstellen läßt.

- 25 Es sei noch erwähnt, daß das Sendegitter 1.5 bevorzugt den gleichen Schichtaufbau wie die photoempfindlichen Bereiche 3 aufweist. Da für das Sendegitter 1.5 möglichst scharf definierte Kanten erwünscht sind, wird der Halbleiterschichtstapel 1.2 in diesem Bereich vollständig durchgeätzt. Es ist aber auch möglich, das Sendegitter 1.5 in herkömmlicher Weise lediglich als
- 30 strukturierte Metallschicht unmittelbar auf dem Substrat 1.1 auszubilden. In beiden Fällen ist es möglich, die Strukturierung des Sendegitters 1.5 und der

- 12 -

photoempfindlichen Bereiche 3 mit dem gleichen Lithographieschritt vorzunehmen.

- 13 -

Ansprüche

=====

1. Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme, mit einem Empfangsgitter (1.7) mit photoempfindlichen Bereichen (3) zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage, wobei das Empfangsgitter (1.7) einen Halbleiterschichtstapel (1.2) aus einer dotierten p-Schicht (1.2.1), einer intrinsischen i-Schicht (1.2.2) und einer dotierten n-Schicht (1.2.3) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die photoempfindlichen Bereiche (3) eine erste der beiden dotierten Schichten (1.2.1) und zumindest einen Teil der intrinsischen Schicht (1.2.2) gemeinsam haben und durch Unterbrechungen einer zweiten der beiden dotierten Schichten (1.2.3) elektrisch voneinander getrennt sind.
2. Abtastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschichtstapel (1.2) auf einem durchsichtigen Substrat (1.1) mit einer leitfähigen, ebenfalls durchsichtigen Elektrode (1.3) angeordnet ist, gefolgt von Rückseitenkontakten (1.4), so daß sich ein Schichtaufbau gemäß
 - durchsichtiges Substrat (1.1)
 - leitfähige Elektrode (1.3)
 - erste dotierte Schicht oder p-Schicht (1.2.1)
 - intrinsische Schicht (1.2.2)
 - zweite dotierte Schicht oder n-Schicht (1.2.3)
 - Rückseitenkontakt (1.4)ergibt.
3. Abtastkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die photoempfindlichen Bereiche (3) durch die Rückseitenkontakte (1.4) definiert sind.
4. Abtastkopf nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (1.1) ein Sendegitter (1.5) angeordnet ist.

- 14 -

5. Abtastkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendegitter (1.5) im Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters (1.7) angeordnet ist.
6. Abtastkopf nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendegitter (1.5) vollständig vom Empfangsgitter (1.7) umgeben ist.
7. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Empfangsgitters (1.7) einer Ellipse angenähert ist, deren größerer Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung (M) liegt.
8. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Sendegitter (1.5) eine Lichtquelle (1.6) zugeordnet ist.
9. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte photoempfindliche Bereiche (3) um 180 Grad phasenverschobene Signale abgeben.
10. Abtastkopf nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Teilungsperiode (T) des Empfangsgitters 1.7 der Hälfte einer Periode (P) eines einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters (L) entspricht.
11. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte photoempfindliche Bereiche (3) um 90 Grad phasenverschobene Signale abgeben.
12. Abtastkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Teilungsperiode (T) des Empfangsgitters 1.7 einem Viertel einer Periode (P) eines einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters (L) entspricht.
13. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschichtstapel (1.2) aus amorphem Silizium gebildet ist.

- 15 -

14. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Restdicke der i-Schicht (1.2.2) zwischen den photoempfindlichen Bereichen (3) geringer ist als eine Dicke der i-Schicht (1.2.2) in den photoempfindlichen Bereichen (3).
- 5 15. Abtastkopf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) im Bereich 5% - 95% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.
- 10 16. Abtastkopf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) im Bereich 10% - 90% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.
17. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 14 - 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) bei ca. 90% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.

FIG. 1b

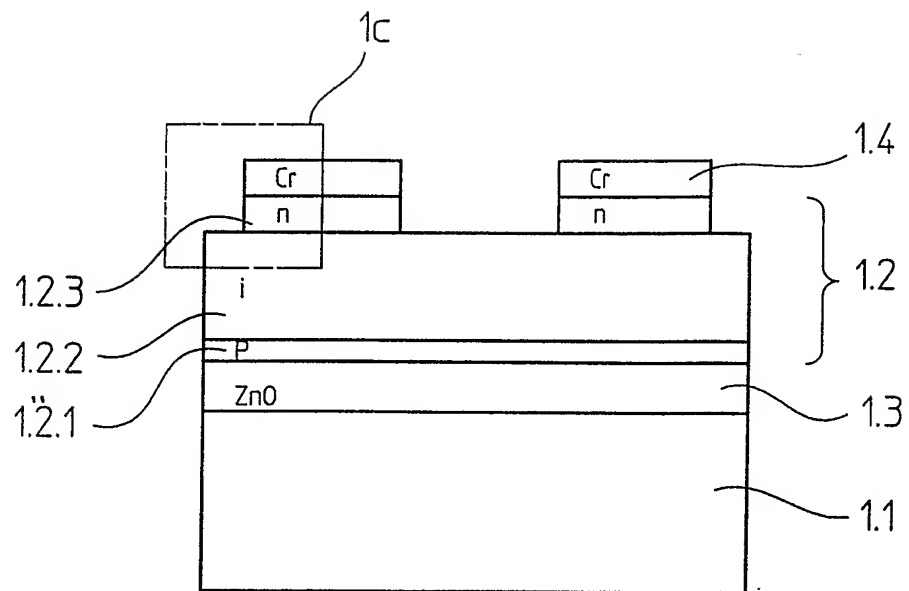


FIG. 1c

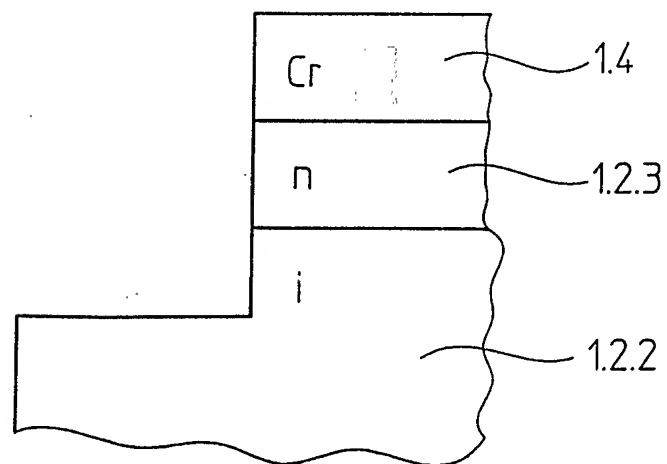


FIG. 2a

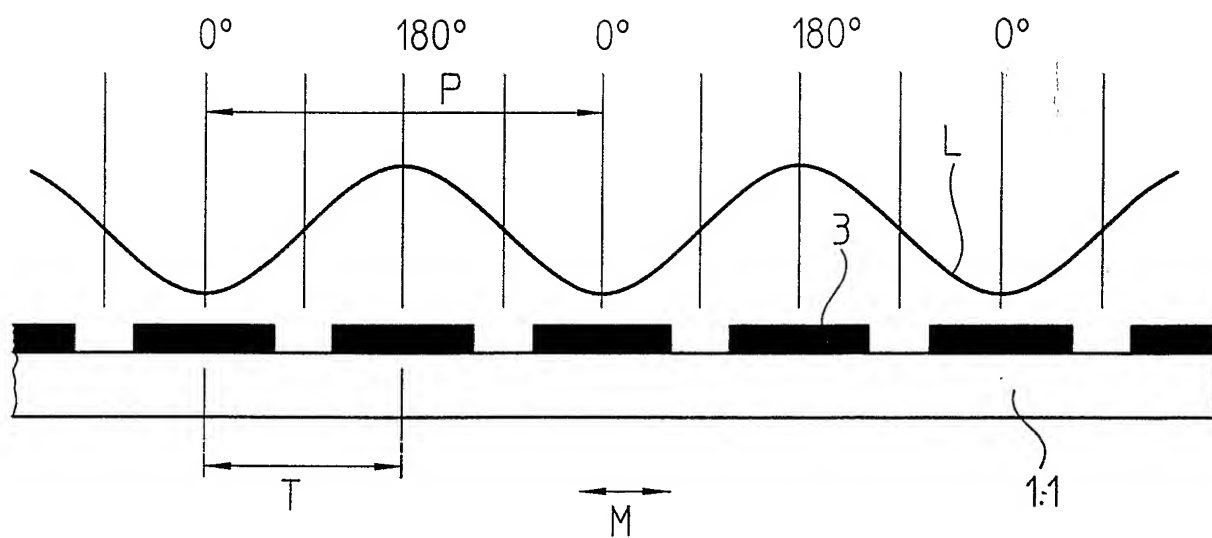


FIG. 2b

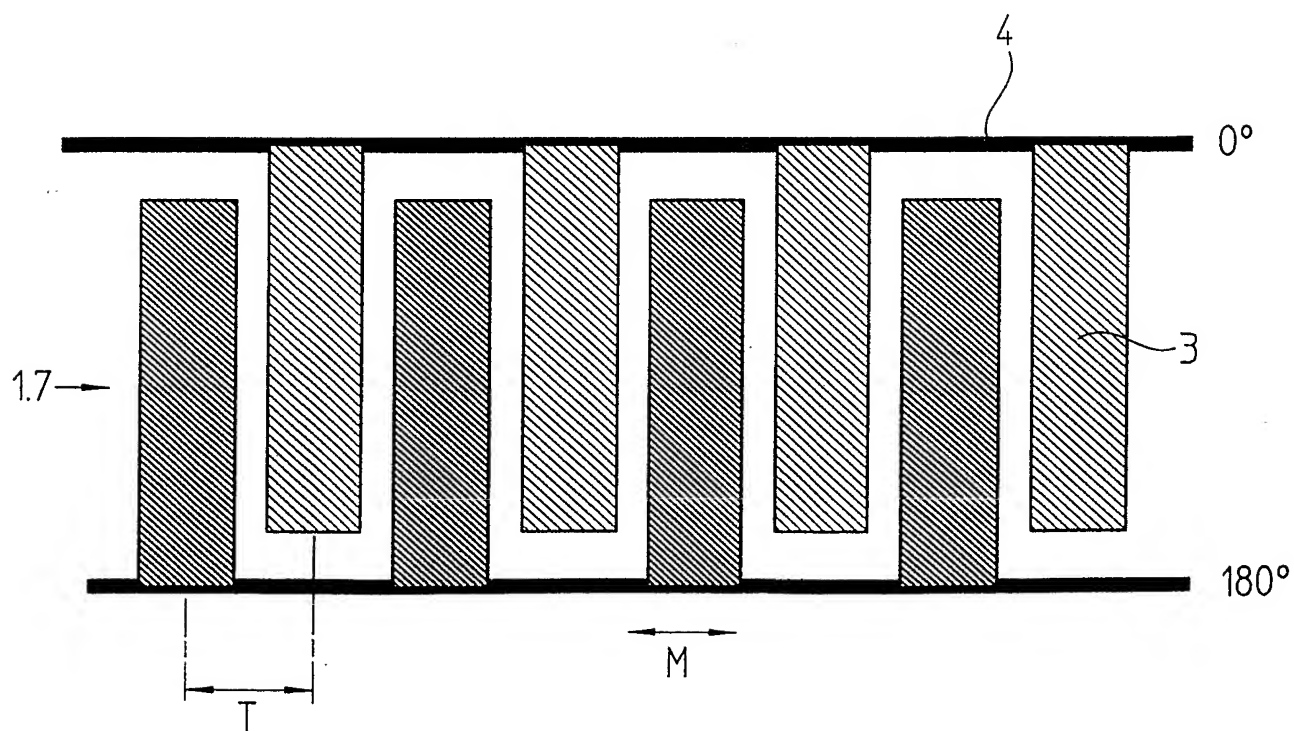


FIG. 2c

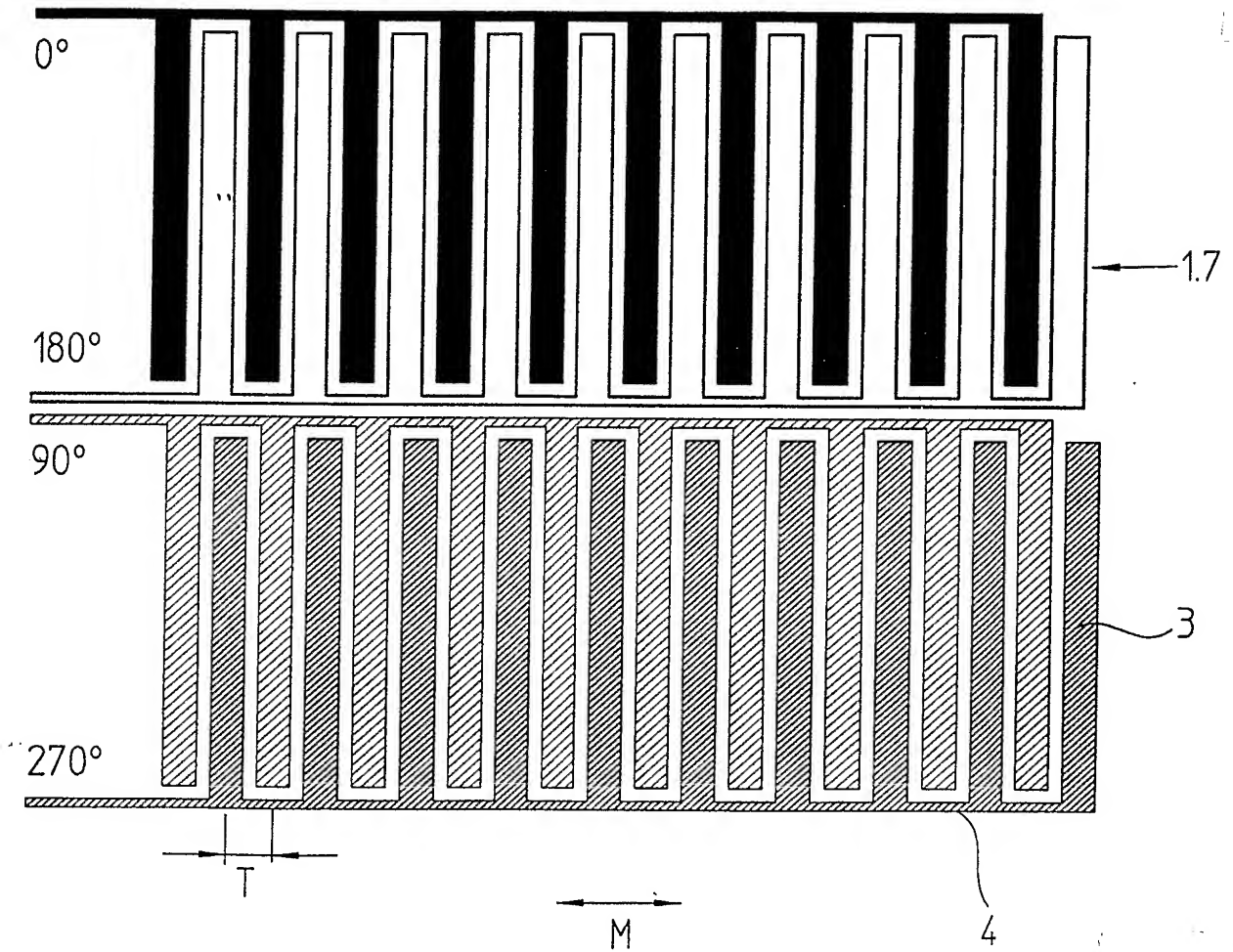


FIG. 2d

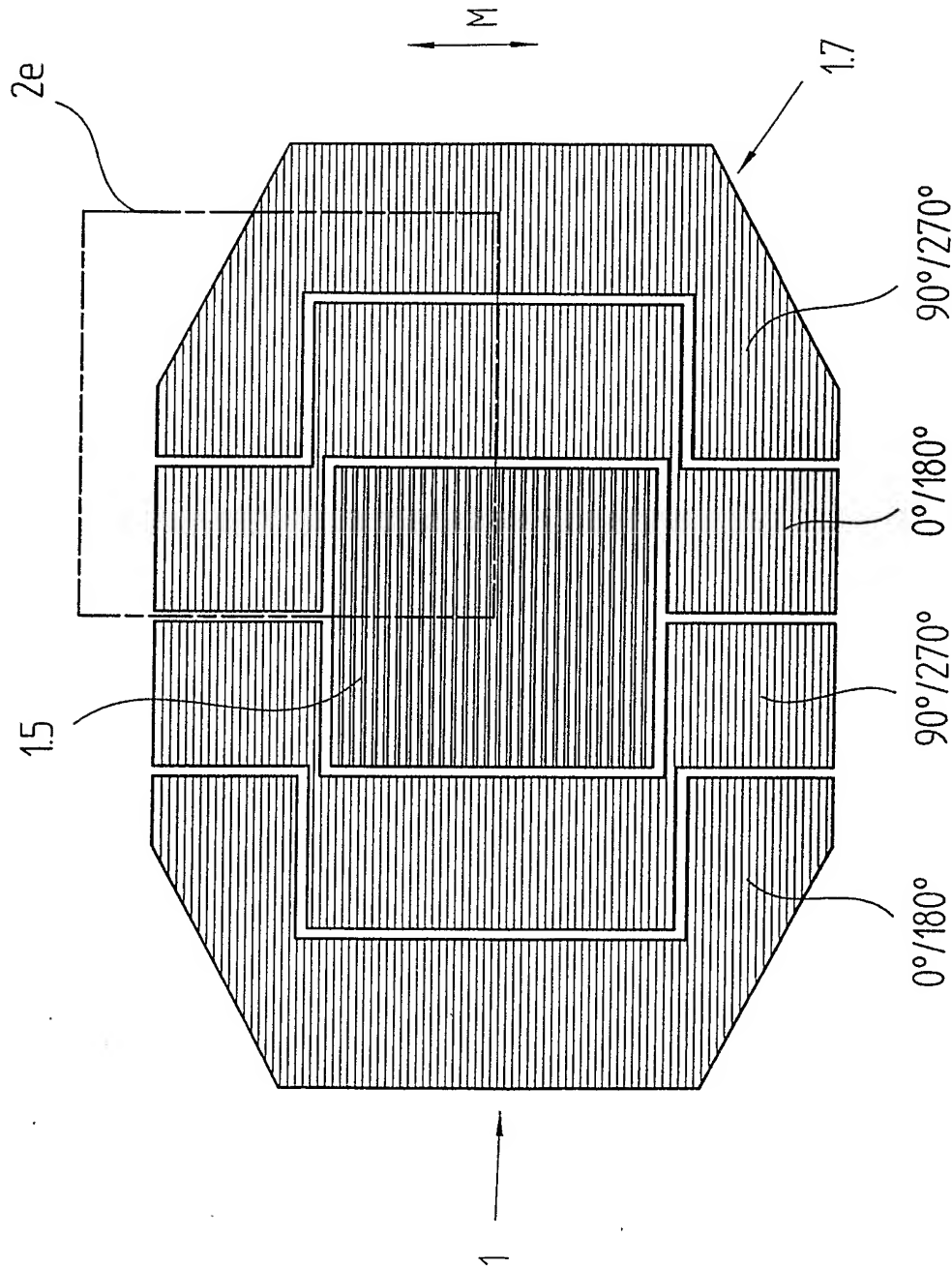


FIG. 2e

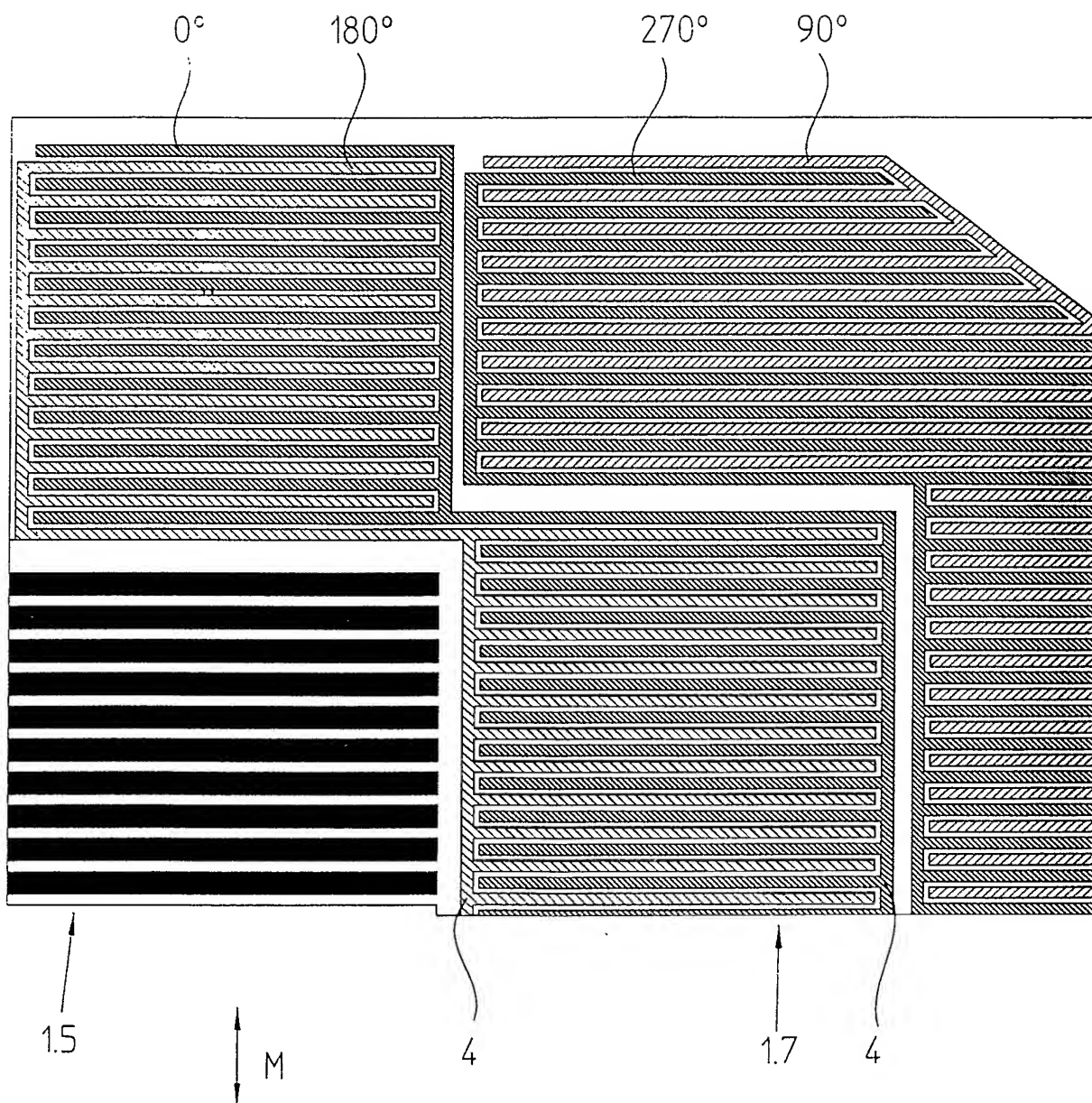


FIG. 3a

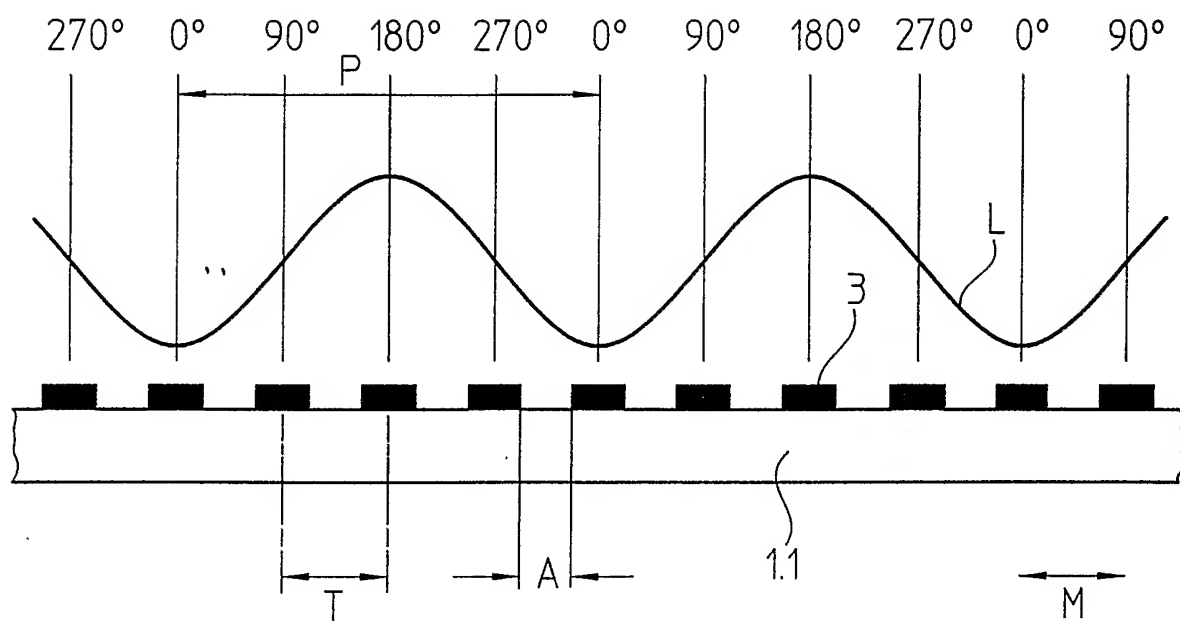


FIG. 3b

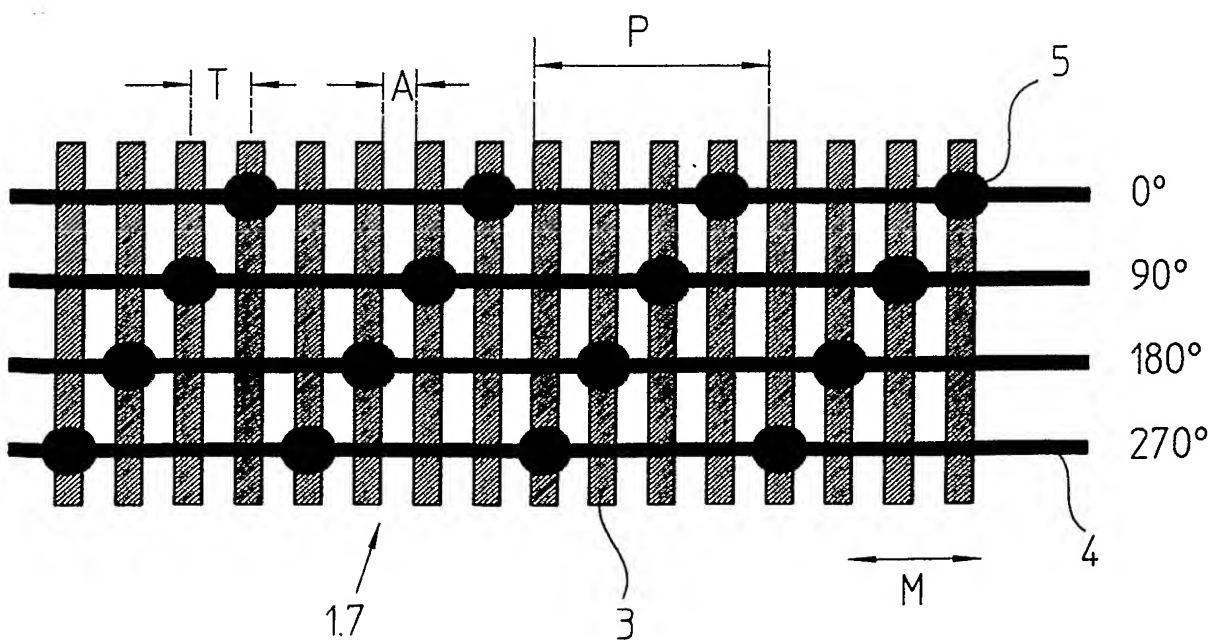


FIG. 3c

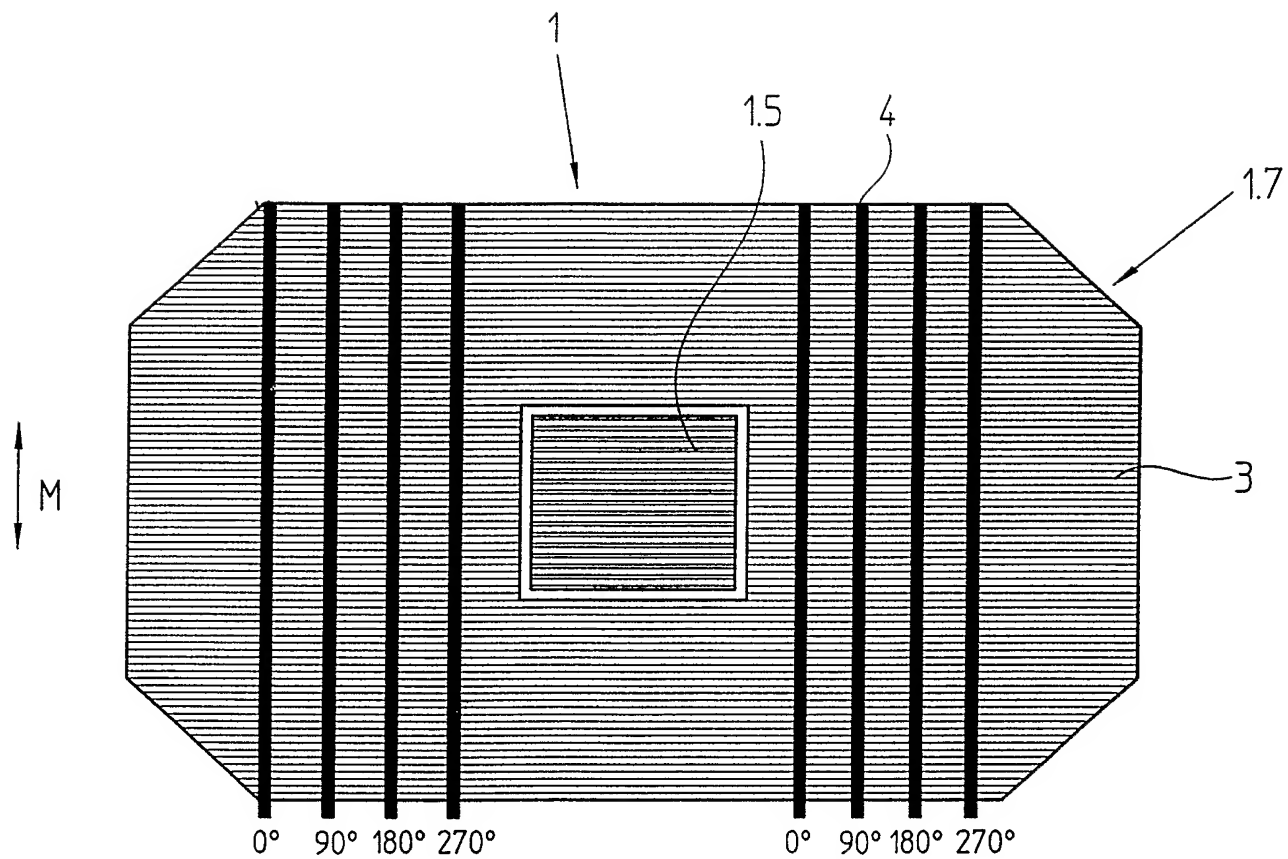
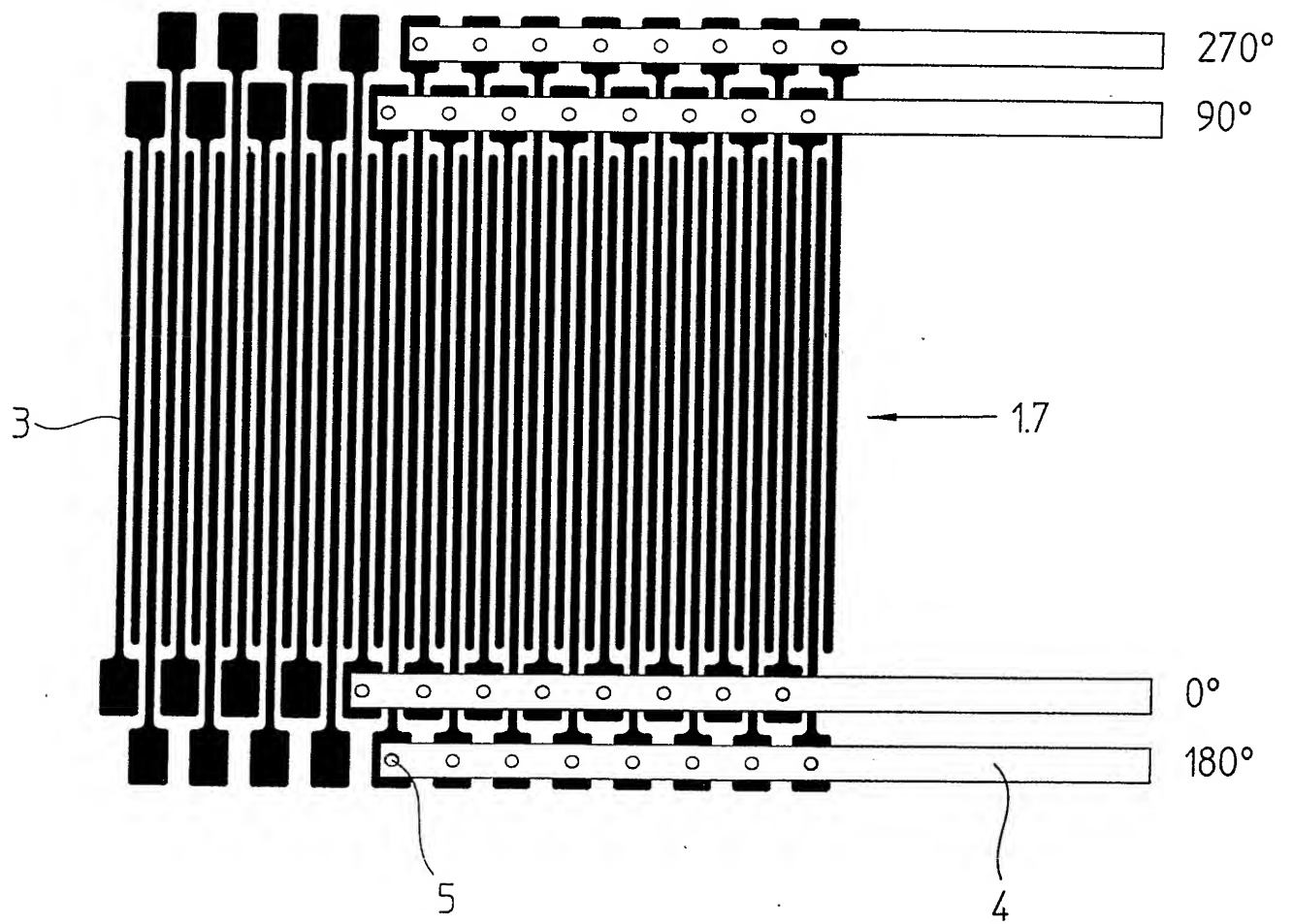


FIG. 3d



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int

I Application No

PCT/EP2004/008483

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L31/105 G01D5/347

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2002/021450 A1 (AOKI TOSHIHIKO) 21 February 2002 (2002-02-21) paragraph '0043! - paragraph '0057!; figures 1-7	1-3,7,9, 11,13-17 4-6,8, 10,12
Y	GB 1 269 634 A (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 6 April 1972 (1972-04-06) page 1, line 10 - page 2, line 56; figure 1	1-3,7,9, 11,13-17
Y A	DE 199 61 250 A1 (CIS INSTITUT FUER MIKROSENSORIK GGMBH) 31 August 2000 (2000-08-31) column 1, line 3 - column 2, line 39; figures 1,2	9,11 1-8,10, 12-17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 March 2005

Date of mailing of the international search report

16/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krause, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008483

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 182 705 A (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD) 27 February 2002 (2002-02-27) paragraph '0018! - paragraph '0032!; figures 4-6 -----	1-17
A	WO 01/84083 A (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH; MAYER, ELMAR, J; HOLZAPFEL, WOLFGANG; LO) 8 November 2001 (2001-11-08) page 8, paragraph 2 - page 17, paragraph 3; figures 1-6 -----	1-17
A	US 2002/018220 A1 (AOKI TOSHIHIKO) 14 February 2002 (2002-02-14) paragraph '0036! - paragraph '0050!; figures 1-6 -----	1-3, 13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 December 2003 (2003-12-05) & JP 2003 227735 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 15 August 2003 (2003-08-15) abstract & US 2004/036017 A1 (ITO TAKESHI) 26 February 2004 (2004-02-26) paragraph '0030! - paragraph '0082!; figures 1-5, 12-15 -----	1-17
A	DE 101 18 796 A1 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 17 October 2002 (2002-10-17) paragraph '0023! - paragraph '0038!; figures 1, 2a-c -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intellectual Application No
PCT/EP2004/008483

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2002021450	A1	21-02-2002	JP	2002090114 A		27-03-2002
			DE	10133266 A1		14-03-2002
			GB	2369184 A		22-05-2002
GB 1269634	A	06-04-1972	DE	1929569 A1		18-12-1969
			NL	6908993 A		16-12-1969
DE 19961250	A1	31-08-2000	NONE			
EP 1182705	A	27-02-2002	JP	2001119004 A		27-04-2001
			JP	2001144278 A		25-05-2001
			CA	2355146 A1		26-04-2001
			EP	1182705 A1		27-02-2002
			CN	1327617 A		19-12-2001
			WO	0129896 A1		26-04-2001
			TW	475273 B		01-02-2002
WO 0184083	A	08-11-2001	DE	10022619 A1		06-12-2001
			WO	0184083 A1		08-11-2001
			EP	1279004 A1		29-01-2003
			EP	1507131 A2		16-02-2005
			JP	2003532098 T		28-10-2003
			US	2004119989 A1		24-06-2004
US 2002018220	A1	14-02-2002	JP	2002048601 A		15-02-2002
			DE	10138562 A1		21-02-2002
			GB	2377015 A		31-12-2002
JP 2003227735	A	15-08-2003	US	2004036017 A1		26-02-2004
US 2004036017	A1	26-02-2004	JP	2003227735 A		15-08-2003
DE 10118796	A1	17-10-2002	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intr. des Aktenzeichens
PCT/EP2004/008483

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L31/105 G01D5/347

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2002/021450 A1 (AOKI TOSHIHIKO) 21. Februar 2002 (2002-02-21)	1-3,7,9, 11,13-17
A	Absatz '0043! - Absatz '0057!; Abbildungen 1-7	4-6,8, 10,12
Y	GB 1 269 634 A (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 6. April 1972 (1972-04-06) Seite 1, Zeile 10 - Seite 2, Zeile 56; Abbildung 1	1-3,7,9, 11,13-17
Y	DE 199 61 250 A1 (CIS INSTITUT FUER MIKROSENSORIK GMBH) 31. August 2000 (2000-08-31)	9,11
A	Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 2, Zeile 39; Abbildungen 1,2	1-8,10, 12-17
	----- -/-- -----	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

g Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. März 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Krause, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 182 705 A (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD) 27. Februar 2002 (2002-02-27) Absatz '0018! - Absatz '0032!; Abbildungen 4-6 -----	1-17
A	WO 01/84083 A (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH; MAYER, ELMAR, J; HOLZAPFEL, WOLFGANG; LO) 8. November 2001 (2001-11-08) Seite 8, Absatz 2 - Seite 17, Absatz 3; Abbildungen 1-6 -----	1-17
A	US 2002/018220 A1 (AOKI TOSHIHIKO) 14. Februar 2002 (2002-02-14) Absatz '0036! - Absatz '0050!; Abbildungen 1-6 -----	1-3,13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 12, 5. Dezember 2003 (2003-12-05) & JP 2003 227735 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 15. August 2003 (2003-08-15) Zusammenfassung & US 2004/036017 A1 (ITO TAKESHI) 26. Februar 2004 (2004-02-26) Absatz '0030! - Absatz '0082!; Abbildungen 1-5,12-15 -----	1-17
A	DE 101 18 796 A1 (DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) Absatz '0023! - Absatz '0038!; Abbildungen 1,2a-c -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte es Aktenzeichen
PCT/EP2004/008483

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002021450	A1	21-02-2002	JP	2002090114 A	27-03-2002
			DE	10133266 A1	14-03-2002
			GB	2369184 A	22-05-2002
GB 1269634	A	06-04-1972	DE	1929569 A1	18-12-1969
			NL	6908993 A	16-12-1969
DE 19961250	A1	31-08-2000	KEINE		
EP 1182705	A	27-02-2002	JP	2001119004 A	27-04-2001
			JP	2001144278 A	25-05-2001
			CA	2355146 A1	26-04-2001
			EP	1182705 A1	27-02-2002
			CN	1327617 A	19-12-2001
			WO	0129896 A1	26-04-2001
			TW	475273 B	01-02-2002
WO 0184083	A	08-11-2001	DE	10022619 A1	06-12-2001
			WO	0184083 A1	08-11-2001
			EP	1279004 A1	29-01-2003
			EP	1507131 A2	16-02-2005
			JP	2003532098 T	28-10-2003
			US	2004119989 A1	24-06-2004
US 2002018220	A1	14-02-2002	JP	2002048601 A	15-02-2002
			DE	10138562 A1	21-02-2002
			GB	2377015 A	31-12-2002
JP 2003227735	A	15-08-2003	US	2004036017 A1	26-02-2004
US 2004036017	A1	26-02-2004	JP	2003227735 A	15-08-2003
DE 10118796	A1	17-10-2002	KEINE		